

FORTSCHRITT-  
BERICHTE **VDI**

Dipl.-Ing. Paul Lüsse, Braunschweig

# **Numerische Entwurfswerk- zeuge für optische Wellen- leiterbauelemente**

Reihe **20**: Rechnerunterstützte  
Verfahren

Nr. **239**

*HLuHB Darmstadt*



**13767106**

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Einleitung</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1 Theoretische Grundlagen</b>                               | <b>8</b>  |
| 1.1 Maxwellsche Gleichungen . . . . .                          | 8         |
| 1.2 Wellengleichungen . . . . .                                | 9         |
| 1.2.1 Elektrisches Feld . . . . .                              | 9         |
| 1.2.2 Magnetisches Feld . . . . .                              | 11        |
| 1.2.3 Homogene Materialien . . . . .                           | 12        |
| 1.3 Dielektrische Grenzflächen . . . . .                       | 13        |
| 1.4 Symmetriebedingungen . . . . .                             | 15        |
| 1.5 Feldentwicklung . . . . .                                  | 16        |
| <b>2 Transversale Diskretisierung</b>                          | <b>20</b> |
| 2.1 Bekannte Diskretisierungen . . . . .                       | 20        |
| 2.2 Differenzenquotienten . . . . .                            | 21        |
| 2.3 Anisotrope Materialeigenschaften . . . . .                 | 24        |
| 2.4 Isotrope Materialeigenschaften . . . . .                   | 30        |
| 2.5 Singularitäten . . . . .                                   | 32        |
| <b>3 Mehrgitter-Gleichungslöser</b>                            | <b>34</b> |
| 3.1 Iterative Verfahren . . . . .                              | 34        |
| 3.2 Zweigitter- und Mehrgitter-Verfahren . . . . .             | 36        |
| 3.3 Geschachtelte Iterationsverfahren . . . . .                | 39        |
| 3.4 Eigenwertproblem . . . . .                                 | 40        |
| <b>4 Eigenwellenverfahren</b>                                  | <b>43</b> |
| 4.1 Längshomogene Wellenleiter . . . . .                       | 43        |
| 4.2 Rand- und Symmetriebedingungen . . . . .                   | 44        |
| 4.3 Eigenwertgleichung . . . . .                               | 46        |
| 4.4 Typische Feldverteilungen . . . . .                        | 48        |
| 4.5 Konvergenzuntersuchungen und Rechenzeitvergleich . . . . . | 49        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 4.6      | Vergleich mit anderen Verfahren . . . . .            | 55         |
| 4.7      | Anwendungsbeispiele . . . . .                        | 60         |
| 4.7.1    | Entwurf eines 3-dB-Kopplers . . . . .                | 60         |
| 4.7.2    | Polarisationssteller . . . . .                       | 64         |
| <b>5</b> | <b>Ausbreitungsverfahren</b>                         | <b>71</b>  |
| 5.1      | Ansätze . . . . .                                    | 72         |
| 5.2      | Longitudinale Diskretisierung . . . . .              | 74         |
| 5.3      | Genauigkeit der Ansätze . . . . .                    | 76         |
| 5.4      | Ränder des Berechnungsfensters . . . . .             | 80         |
| 5.4.1    | Fensterfunktion . . . . .                            | 80         |
| 5.4.2    | Transparente Randbedingungen . . . . .               | 81         |
| 5.5      | Lineares Gleichungssystem . . . . .                  | 82         |
| 5.6      | Überprüfung der Verfahren . . . . .                  | 83         |
| 5.7      | Vektorisierung . . . . .                             | 87         |
| 5.8      | Anwendungsbeispiele . . . . .                        | 89         |
| 5.8.1    | Semivektorielle Berechnungen . . . . .               | 89         |
| 5.8.2    | Vektorielle Berechnungen . . . . .                   | 93         |
| <b>6</b> | <b>Quantenfilmbaeuelemente aus III/V-Halbleitern</b> | <b>97</b>  |
| 6.1      | Quantenfilme . . . . .                               | 98         |
| 6.1.1    | Bänderberechnung . . . . .                           | 98         |
| 6.1.2    | Exzitonen . . . . .                                  | 104        |
| 6.1.3    | Absorption . . . . .                                 | 108        |
| 6.2      | Brechzahlen . . . . .                                | 111        |
| 6.2.1    | Volumenmaterial . . . . .                            | 112        |
| 6.2.2    | Quantenfilme . . . . .                               | 113        |
| 6.3      | Absorptionsmodulator . . . . .                       | 115        |
|          | <b>Zusammenfassung</b>                               | <b>120</b> |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b>                          | <b>124</b> |